

PCT/CZ03/00012

18.02.03

REC'D 26 MAR 2003

WIPO

PCT

ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

potvrzuje, že
INSET SPOL. S R.O., Praha, CZ

podal(i) dne 29.08.2002

příhlášku vynálezu značky spisu PV 2002 - 2926

a že připojený popis a 6 výkresů se shodují úplně
s původně podanými přílohami této přihlášky.

Schneider

Za předsedu: Ing. Schneiderová Eva



V Praze dne 17.3.2003



**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED
BUT NOT IN COMPLIANCE
WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Rotační peristaltické čerpadlo s přesným zejména mechanicky lineárním dávkováním.

Oblast techniky

Vynález se týká rotačního peristaltického čerpadla s mechanicky lineárním přesným dávkováním, určeným zejména pro použití v medicíně, poloprovozní výrobě léčiv a laboratorních libovolného oboru.

Dosavadní stav techniky

Peristaltický efekt je založen na principu postupného a opakovaného vytlačování dávkovaného média z pružného obalu.

K postupnému a opakovanému vytlačování média z pružného obalu dochází na kruhové okluzní dráze přitlačováním přitlačné kladky na pružný pumpový segment a současným posunováním kladky ve směru podélné osy pumpového segmentu na okluzní dráze dochází k čerpání média.

Z dosavadního přístupu všech dosud známých konstrukčních řešení rotačního peristaltického čerpadla v celé jeho historii je zřejmé, že výrobcům šlo pouze o dosažení efektu čerpání média. Všechna ostatní objektivní kritéria kvality čerpadla jako je např. přesnost a linearita dávkování byla podružná, neboť je dosud známé konstrukce z principu nemohly splnit tím, že nedokázaly dlouhodobě fixovat pumpový segment na okluzní dráze čerpadla a nedokázaly významně potlačit negativní vliv přitlačné kladky při opouštění pumpového segmentu na výstupu z čerpadla.

Určitým řešením pro zlepšení přesnosti byla mikroprocesorová regulace pohybu přitlačného prvku po pumpovém segmentu a/nebo umístění pumpového segmentu v přímce s postupným stlačováním vačkami kolmo na podélnou osu pumpového segmentu. Takto umístěný pumpový segment je dobře fixován na přímé okluzní dráze. Protože se zde nepoužívá pohyb přitlačné kladky ve směru podélné osy pumpového segmentu, nemůže dojít ani k jeho natahování a tím i změnám průřezu. Významné potlačení negativního vlivu přitlačného prvku při opuštění

pumpového segmentu na výstupu z čerpadla není ani pro toto konstrukční řešení principiálně vyřešeno.

Dosud nejprogresivnější známé konstrukční řešení peristaltických čerpadel mechanický nedostatek linearitu a přesnosti dávkování, řeší mikroprocesorovou regulací nelineárního pohybu přitlačných kladek (obecně přitlačného prvku) jak v jednom čerpacím cyklu, tak i ve více čerpacích cyklech. Tím lze při vhodném stanovení nejmenší dávky čerpadla (která je obvykle celý násobek objemu vytlačeného 1 čerpacím cyklem) dosáhnout větší přesnosti dávkování a linearitu dávky, ale pro větší dávkovací objemy.

Nelineární regulací se pro tento případ rozumí různá rychlost přitlačné kladky (obecně přitlačného prvku) v různých úsecích pumpového segmentu jednoho čerpacího cyklu, která má za cíl svým opačným vlivem kompenzovat mechanickou nelinearitu zvolené konstrukce čerpadla.

Mechanická nelinearita čerpání v jednom čerpacím cyklu je prvotně způsobena cyklickým sevřením (stisknutím) pumpového segmentu na počátku okluzní dráhy, který z pumpového segmentu vytlačí nenulový objem, a druhotně cyklickým uvolněním pumpového segmentu po skončení okluzní dráhy, kterým se do výstupu z čerpadla roztažením pružného pumpového segmentu vnese zmíněný nenulový, rušivý objem ($V_{\text{rušivý}}$), způsobující pulsování čerpaného média a jednotáčkovou nelinearitu dávkování média na výstupu z čerpadla.

Podstata vynálezu

Zásadní nedostatky peristaltických rotačních čerpadel, tj. celkově velké nepřesnosti čerpání a pulsování čerpaného média na výstupu z čerpadla v průběhu jedné otáčky rotoru čerpadla odstraňuje peristaltické rotační čerpadlo pro přesné dávkování sestávající z pumpového segmentu umístěného na pracovní dráze a z rotoru s přitlačnými kladkami, které podle vynálezu spočívá v tom, že pumpový segment je rozepjat do pracovní dráhy, která je v místě dotyku s přitlačovaným pumpovým segmentem příčně drážkovaná a po celé své délce sousedí s vyvýšenou kruhovou pomocnou okluzní dráhou pro odvalování nejméně dvou přitlačných kladek, které jsou kluzně uloženy v přitlačných blocích, umístěných v ramenech nejméně dvouramenného rotoru, který je spojen s

hřídeli krokového motoru, přičemž pomocná okluzní dráha je směrem do středu otáčení rotoru vyvýšena nad příčně drážkovanou pracovní dráhu, která sestává z přívodní dráhy, okluzní dráhy a uvolňovací dráhy.

Pumpový segment je rozepjat v pracovní dráze a oba konce pumpového segmentu jsou opřeny mimo pracovní dráhu o opěrnou plochu, v místě odklonu pumpového segmentu od pracovní dráhy pumpový segment svírá s poloměrem pracovní dráhy úhel $\alpha = 90^\circ$.

Mechanickou linearitu dávkování zajišťuje kruhová okluzní dráha a přibližně kruhová uvolňovací dráha po celé své délce sousedící s vyvýšenou kruhovou, pomocnou okluzní dráhou, pro odvalování nejméně třech přitlačných kladek. Úhlová délka uvolňovací dráhy odpovídající vzdálenosti od místa počátku uvolňování pumpového segmentu do místa absolutního uvolnění pumpového segmentu přitlačnou kladkou je stejná s úhlovou délkou okluzní dráhy a pomocná okluzní dráha je vyvýšena nad okluzní dráhu o výšku $d <$ než je dvojnásobek šířky stěny pumpového segmentu a v místě absolutního uvolnění pumpového segmentu je pomocná okluzní dráha vyvýšena nad uvolňovací dráhu o výšku k , která je maximálně rovna vnějšímu průměru pumpového segmentu.

Rotor je tvořen nejméně dvouramenným dutým profilem, v němž je celý vnitřní prostor každého ramene dutého profilu vyplněn přitlačným blokem, každý z nich je rozdělen podélnou přepážkou na dvě části, v každé části je uložena pružina, přitlačné bloky jsou jištěny v každém rameni dutého profilu rotoru v rozsahu délky svého zdvihu kolíčkem, který je umístěn v podélné přepážce přitlačného bloku a prochází první drážkou vytvořenou v rameni dutého profilu, pružiny jsou v přitlačném bloku opřeny o zadní stěnu kluzného uložení, v němž je s druhé strany volně uložena kladka, pružiny jsou na druhém konci předstlačeny o těleso umístěné ve středu dutého profilu, těleso je pevně spojené bajonetovým uzávěrem s hřídeli krokového motoru, těleso je nejméně třiboký hranol.

V případě dvouramenného rotoru, těleso je čtyřboký hranol.

V případě třiramenného rotoru těleso je třiboký hranol, jehož zaoblené rohy zapadají do druhého vybrání v místě spojení ramen dutého profilu. Těleso je na přední straně opatřeno válcovitým výstupkem, v němž je umístěna zajišťovací pružina, na zadní straně tělesa je vytvořena zajišťovací šterbina a vstupní

štěrbina pro zajišťovací kolík umístěný na hřídeli, zajišťovací štěrbina má na své nejvzdálenější poloze menší šíři než je průměr zajišťovacího kolíku.

Dále kolíček přítlačného bloku zapadá do první drážky symetricky umístěné v přední části dutého profilu rotoru, kolíček zapadá současně do příslušné druhé drážky ovládacího prvku určeného k manipulaci s přítlačnými bloky při vkládání rotoru do pracovní dráhy, do níž je rozepnutím vtlačen pumpový segment. Ovládací prvek je spojen závitem s válcovitým výstupkem.

Minimální délka okluzní dráhy je určena velikostí středového úhlu otáčení rotoru čerpadla a vypočte se ze vztahu 360° : počtem ramen rotoru.

Přítlačný blok je opatřen vodícími štěrbinami pro příčné vedení pumpového segmentu po drážkované pracovní dráze.

Přítlačná kladka je váleček z válečkového ložiska, který klouže celou svou válcovou plochou v kluzném uložení přítlačného bloku.

Kluzné uložení je zakončeno stíracími břitzy pro odstraňování případných nečistot pro oba směry otáčení rotoru, v čele přítlačného bloku jsou v úrovni stíracích břitů vytvořena vybrání.

Délka zdvihu přítlačného bloku se pohybuje v rozmezí 1,1 až 2,0 průměru vnějšího průměru pumpového segmentu.

Přítlačná kladka je elektricky vodivá a při dotyku s rychlostním kontaktem nebo polohovým kontaktem, umístěných na pomocné okluzní dráze v místě přechodu přívodní dráhy a okluzní dráhy a se společným kontaktem umístěným proti nim na hraně okluzní dráhy je pod elektrickým proudem velmi malého napětí.

Přítlačná kladka může být zmagnetována.

Rozepjetím pumpového segmentu a jeho vyvedením po oblouku o poloměru cca 3 až 4 poloměry okluzní dráhy a vzepřením konců pumpového segmentu o opěrné plochy se vytvoří základní radiální přítlak pumpového segmentu na příčně drážkovanou pracovní dráhu čerpadla. Délka pumpového segmentu musí být o cca 2 až 5% delší, než je vzdálenost mezi opěrnými plochami pumpového segmentu v tělese skříně čerpadla měřená po obvodu pracovní dráhy. Míra "stlačení" délky je přiměřená průměru a síle stěny pumpového segmentu. Pumpový segment musí být i po předstlačení jeho délky v rovině kolmé na hlavní

osu otáčení rotoru čerpadla. Předepnutím vznikají základní síly zatlačující pumpový segment do okluzní dráhy.

Podélnému posuvu pumpového segmentu po pracovní dráze čerpadla ve směru otáčení rotoru čerpadla se zamezí příčným drážkováním pracovní dráhy. Základní přítlak zamačkává na pracovní dráze měkký povrch pumpového segmentu do příčných drážek již při vypnutém čerpadle a následně při čerpání přítlačná kladka pohybující se v podélném směru po pumpovém segmentu ještě toto zamačknutí v místě kontaktu zvětšuje.

Příčný řez drážkováním má s výhodou tvar rovnoramenného trojúhelníku o výšce cca 0,15 až 0,50 mm a to v závislosti na průměru a tloušťce stěny pumpového segmentu.

Přenesením přebytečné přítlačné síly přítlačné kladky na pomocnou okluzní dráhu se zamezí drcení a nežádoucímu až škodlivému vzniku síly působící prostřednictvím pohybu přítlačné kladky podélný posuv pumpového segmentu při hladké nebo nadměrně opotřeбенé příčně drážkované okluzní dráze.

Přítlačná kladka opřená také o pomocnou okluzní dráhu pak nemůže přebytečnou silou drtit pumpový segment. Současně se přebytečnou silou nemůže "bořit" do měkkého pumpového segmentu a tím vytvářet nežádoucí posuvnou sílu na pumpový segment ve směru jeho podélné osy (délky).

Velikost přítlačné síly přítlačné kladky se automaticky nastavuje pro měnící se pracovní podmínky čerpadla redistribucí celkové přítlačné síly mezi drážkovanou pracovní dráhou s vloženým pumpovým segmentem a pomocnou okluzní dráhou.

Vzdálenost mezi okluzní dráhou a pomocnou okluzní dráhou musí být o výrobní toleranci pumpového segmentu menší, než je dvojnásobek síly stěny pumpového segmentu.

Jednoznačně určená vzdálenost pomocné okluzní dráhy od příčně drážkované pracovní dráhy určuje míru stisknutí pumpového segmentu na okluzní dráze i uvolňovací dráze pro vyvedení pumpového segmentu z okluzní dráhy a tím i objem vytlačovaný přítlačnou kladkou z pumpového segmentu pouze v důsledku jejího radiálního přitisknutí na pumpový segment.

Příčinu pulsování, (tj. opakovaná uvolnění stisknutého pružného obalu) odstranit nelze, důsledky, tj. cyklický pokles a růst objemu vytlačovaného média (pulsování) na výstupu čerpadla v čase jednoho čerpacího cyklu lze odstranit mechanicky, bude-li dodržena vzájemně správná souvztažnost geometrických rozměrů, tj.

- stejné délky okluzní dráhy a uvolňovací dráhy pro vyvedení pumpového segmentu z okluzní dráhy
- konstantní přírůstek objemu pumpového segmentu při postupném uvolňování přítlače kladky na uvolňovací dráze vztažený na libovolnou jednotku její délky

a to bez ohledu na zvolený způsob mechanického stisknutí pumpového segmentu.

Mechanická linearita rotačního peristaltického čerpadla podle vynálezu je zajištěna stejnou uhlovou délkou okluzní a uvolňovací dráhy. Tuto podmínku lze realizovat pouze s tří a více ramenným rotorem čerpadla.

Ramena rotoru čerpadla musí být symetricky rozmístěna v kruhu, tj. v celkovém úhlu 360° . Minimální délka hlavní okluzní dráhy čerpadla vyjádřená v úhlových stupních se určí ze vztahu 360° : počtem ramen rotoru čerpadla. Obr. 1a znázorňuje rozmístění rozhodujících úseků čerpadla ve skříni čerpadla pro tříramenný rotor čerpadla. Minimální délka hlavní okluzní dráhy u tříramenného rotoru čerpadla je tedy vymezena středovým úhlem 120° , který může být zvětšený o úhel β na nasávací části čerpadla. Délka vyvedení pumpového segmentu z okluzní dráhy je pouze a jedině 120° středového úhlu pootočení rotoru čerpadla u tříramenného rotoru, neboť garantuje vzájemně spojitou návaznost čerpacího cyklu každého z ramen rotoru čerpadla na následující rameno.

U čtyřramenného rotoru je určující středový úhel ramen rotoru 90° , u pětiramenného 72° , u šestiramenného 60° , atd..

Při nulovém protitlaku na výtoku z čerpadla postačí pouze minimální tlak přítlačné kladky k uzavření průřezu pumpového segmentu a přebývajících síla přítlačných pružin je kompenzována reakcí pomocné okluzní dráhy po které se také odvaluje přítlačná kladka. Se stoupajícím protitlakem na výtoku z čerpadla roste potřeba

zvyšovat přitlačnou sílu přitlačné kladky. To se děje automaticky odlehčením síly působící z téže přitlačné kladky také na pomocnou okluzní dráhu.

Přítlačná kladka kteréhokoliv ramene rotoru čerpadla se odvaluje po pomocné okluzní dráze a v místě souběhu ještě po pumpovém segmentu umístěném na pracovní dráze. Přítlačná síla kladky je vynášena kluzným uložením jejího povrchu v přítlačném bloku. Jedná se tedy o unikátní kombinaci válivého a kluzného tření přítlačné kladky rotačního peristaltického čerpadla mimo osu otáčení přítlačné kladky. Tím se zachytí reakce přítlačné síly přítlačné kladky do kluzného uložení v přítlačném bloku rotoru čerpadla.

Založení rotoru čerpadla do skříně čerpadla bez narušení fixace pumpového segmentu na pracovní dráze je podstatnou podmínkou dosažení vysoké přesnosti čerpání. Konstrukce dutého profilu rotoru čerpadla, v jehož ramenech se pohybují přítlačné bloky umožňuje využít vzniklý konstrukční prostor pro co největší průměr, délku a počet závitů vinutých tlačných pružin. Tím je zaručen vysoký zdvih přítlačné kladky a co nejměkčí charakteristika síly přítlaku, tj. stav nejvíce se blíží požadavku, aby změna přítlačné síly přítlačné kladky byla přibližně konstanta pro zdvih přítlačného bloku.

Při vkládání rotoru čerpadla do skříně čerpadla s již založeným pumpovým segmentem je třeba zamezit chybnému vychýlení pumpového segmentu z pracovní dráhy na pomocnou okluzní dráhu. To je zajištěno současným a vysokým zdvihem všech přítlačných kladek při vkládání rotoru a šterbinovým vedením pumpového segmentu v příčném směru ve všech přítlačných blocích pro oba možné směry otáčení rotoru čerpadla.

Snadno rozpojitelné upevnění rotoru čerpadla na pohonném hřídeli krokového motoru se samo-vymezující vůlí úhlové odchylky v obou směrech otáčení rotoru je zajištěno bajonetovým uzávěrem.

Rotor čerpadla nasazený na začátek pohonné hřídele se pootočí tak, aby vstupní šterbina pro zajišťovací kolík byla rovnoběžně se zajišťovacím kolíkem na hřídeli. Překoná se zpětný tlak zajišťovací pružiny uložené v tělese dutého profilu rotoru a po zatlačení na doraz se rotor pootočí o stanovený úhel cca 30° až 45°. Při pozvolném uvolňování síly zatlačení zajišťovací kolík zaskočí do zajišťovací šterbiny. Při vyjímání rotoru je postup opačný.

Zajišťovací šterbina má na své nejzazší poloze stejnou nebo menší šíři než je průměr zajišťovacího kolíku. Tím je při provozu i při provozním opotřebení zajištěno průběžné vymezování vůle trvalým zatlačováním zajišťovacího kolíku do zajišťovací šterbiny silou zpětné tlačné pružiny.

Točivý moment krokového motoru je přenášen přes zajišťovací kolík na pohonné hřídeli a přes zajišťovací šterbinu v tělese rotoru čerpadla.

Rotační peristaltické čerpadlo je obvykle umístěno ve skřínce a chod motoru je řízen mikroprocesorem, popřípadě počítačem.

Přesnost rotačního peristaltického čerpadla podle vynálezu dosahuje a v řadě aplikací i výrazně přesahuje přesnost a linearitu dávkování realizovanou dosud známými alternativními prostředky diskrétního i kontinuálního dávkování a je dána:

- 1) Dlouhodobou a stabilní fixací pumpového segmentu na pracovní dráze čerpadla.
 - 2) Jednoznačně definovanou vzdáleností mezi přitlačnou kladkou a pumpovým segmentem v libovolném bodě pracovní dráhy čerpadla.
 - 3) Mechanickým rozdělením pracovní dráhy čerpadla na dvě stejně dlouhé dráhy, tj.
 - a) okluzní dráhu čerpadla
 - b) uvolňovací dráhu pro vyvedení pumpového segmentu z okluzní dráhy čerpadla
- a libovolně dlouhou přívodní dráhou pro přivedení pumpového segmentu do okluzní dráhy čerpadla. Tyto tři dráhy tvoří pracovní dráhu pumpového segmentu každého čerpadla.
- 4) Mechanicky zajištěným konstantním přírůstkem objemu pumpového segmentu při postupném uvolňování přitlačné kladky z pumpového segmentu umístěného na uvolňovací dráze pro vyvedení pumpového segmentu z okluzní dráhy.

Linearita čerpání je zaručena zrušením negativního vlivu té přitlačné kladky, která se právě pohybuje po pumpovém segmentu na výstupu z okluzní dráhy čerpadla.

Jednoznačnost a dlouhodobá stabilita mechanické funkce čerpadla pak umožňuje další výrazné zvýšení přesnosti dávkování prostřednictvím mikroprocesorové kalibrace pro individuálně vložený pumpový segment.

Rotační peristaltické čerpadlo podle vynálezu je sériově opakovatelným výrobkem s malým a současně jednoznačným (tj. nikoliv náhodným) rozptylem funkčních parametrů jednoho a téhož čerpadla. Má přesnou lineární závislost množství dávkovaného objemu na počtu kroků (úhlu pootočení rotoru) čerpadla.

To platí až do doby vzniku nevratných deformací pumpového segmentu, který uživatel včas nevyměnil i přes výrazné upozornění výrobce v návodu k obsluze.

Prakticky dosažená lineární závislost dávkovaného objemu na počtu kroků (úhlu pootočení rotoru) čerpadla umožňuje v rámci individuální kalibrace pumpového segmentu založeného do přístroje zavést softwarovou korekci přesnosti dávkovaného objemu pro libovolně zvolenou dávku a tím dále výrazně zvýšit rozsah přesnosti celého přístroje pro deklarovanou dávku čerpání.

Peristaltické rotační čerpadlo s přesným dávkováním má následující výhody proti předchozím řešením:

- * a) Čerpadlo je z principu konstrukce přesné a mechanicky lineární a tyto vlastnosti nejsou výrazně závislé na výrobních tolerancích jednotlivých mechanických komponentů.
- * b) Nespornou předností je lineární závislost vydávkovaného objemu na počtu kroků (úhlu pootočení rotoru) čerpadla.
- * c) Čerpadlo je výrobně levné a nevyžaduje specializovanou montáž a mechanickou kalibraci při výrobě, jejíž nedodržení by ovlivňovalo pozdější přesnost přístroje.
- * d) Je v bez-údržbovém provedení po celou dobu projektované životnosti a má nenáročnou obsluhu. Vyžaduje maximálně několikaminutové zaškolení na vložení pumpového segmentu a rotoru čerpadla do skříně čerpadla.
- * e) Široký rozsah parametrů čerpadla řádově od mikrolitrů po desítky až stovky litrů lze pokrýt jedním, maximálně dvěma konstrukčními provedeními čerpadla.

- * f) Lze jej při provozování přepínat ovladačem pro oba směry otáčení rotoru za neměnné přesnosti a linearity čerpání, tj. provozovat jako tlačné i jako sací čerpadlo. Jedná se o obdobu nasátí léčiva injekční stříkačkou a následně tlakové vpravení tohoto léčiva do těla pacienta stejnou injekční stříkačkou.
- * g) Lze přečerpávat a dávkovat tekutiny i plyny se stejnou přesností.
- * h) Dosažená přesnost dávkování je s nízkými provozními náklady využitelná i ve vysoce čistém prostředí prostřednictvím použití sterilních setů, např. dávkování léčiv infúzními pumpami, dávkovací čerpadla provozovaná v laminárních boxech, laboratorní rozplňovačky pro malosériovou výrobu, poloproduktů výroby léčiv a pod.
- * ch) Nízké výrobní náklady při dosažení deklarované přesnosti umožňují použití čerpadla i tam, kde dosažená přesnost není podmiňujícím parametrem (podávání výživy do zažívacího traktu, endoskopická operace artrózy kolena, odsávání tekutin z operačních ran, dialyzační monitory a pod.).

Přehled obrázků

- Obr. 1a znázorňuje schematicky skříň rotačního čerpadla s vloženým pumpovým segmentem a rotorem.
- Obr. 1b znázorňuje detail počátku okluzní dráhy
- Obr. 2 znázorňuje axonometrický pohled na rozložené čerpadlo
- Obr. 3 a znázorňuje axonometrický pohled na rotor zepředu.
- Obr. 3 b znázorňuje axonometrický pohled na rotor zezadu.
- Obr. 4 znázorňuje rozloženou sestavu rotoru.
- Obr. 5 a znázorňuje tříboké těleso rotoru zepředu.
- Obr. 5 b znázorňuje tříboké těleso rotoru zezadu.
- Obr. 6 a znázorňuje přítlačný blok zepředu.
- Obr. 6 b znázorňuje přítlačný blok zezadu.

Příklady provedení

Peristaltické čerpadlo pro přesné dávkování sestává z pumpového segmentu 1 o vnějším průměru 3,9 mm umístěného na pracovní dráze 24 o průměru cca 65 mm a z tříramenného rotoru 6 s přitlačnými kladkami 4. Pumpový segment 1 je z infúzního setu standardně dostupného ve zdravotnictví. Pracovní dráha 2 je v místě dotyku s přitlačovaným pumpovým segmentem 1 příčně drážkovaná a v celém obvodu sousedí s vyvýšenou pomocnou okluzní dráhou 3, po níž se odvalují tři přitlačné kladky 4, které jsou kluzně uloženy v přitlačných blocích 5, umístěných v ramenech 23 rotoru 6. Přitlačná kladka 4 je váleček z válečkového ložiska o průměru 9 mm, vyrobený z kalené a lapované oceli. Rotor 6 je tvořen tříramenným dutým profilem 7, v němž je celý vnitřní prostor ramen 23 vyplněn třemi symetricky uloženými přitlačnými bloky 5, v každém z nich jsou uloženy pružiny 8, oddělené podélnou přepážkou 13, které jsou předstlačeny o těleso 22 umístěného v dutém profilu 7. Těleso 22 je tříboký hranol, jehož zaoblené rohy 35 zapadají do druhého vybrání 34 v místě spojení ramen 23 dutého profilu 7, těleso 22 je na přední straně opatřeno válcovitým výstupkem 29, v němž je umístěna zajišťovací pružina 17, na zadní straně tělesa 22 je vytvořena zajišťovací šterbina 19 a vstupní šterbina 20 pro zajišťovací kolík 21 umístěný na hřídeli 9 motoru 10, zajišťovací šterbina 19 má na své nejvzdálenější poloze menší šíři než je průměr zajišťovacího kolíku 21.

Pumpový segment 1 je mechanicky přitlačen na pracovní dráhu 24, která sestává z přívodní dráhy 15, okluzní dráhy 2 a uvolňovací dráhy 16. Oba konce pumpového segmentu 1 jsou opřeny o opěrnou plochu 18.

Pomocná okluzní dráha 3 je vyvýšena nad příčně drážkovanou okluzní dráhu 2 o výšku $d = 1,0$ mm.

Přitlačný blok 5 je opatřen vodící šterbinou 11 pro příčné vedení pumpového segmentu 1 po drážkované pracovní dráze 24.

Zdvih přitlačného bloku 7 je 7 mm, což je v rozmezí 1,1 až 2,0 násobku průměru vnějšího průměru pumpového segmentu 1

Přítlačné bloky 5 jsou jištěny v dutině rotoru 6 v rozsahu délky zdvihu kolíčkem 12, který je umístěn zepředu na podélné přepážce 13, vytvořené v přítlačném bloku 5. Kolíček 12 zapadá do prvních drážek 14 symetricky umístěných v dutém profilu 7 rotoru 6 a současně do příslušné druhé drážky 33 ovládacího prvku 32 určeného k manipulaci s přítlačnými bloky 5 při vkládání rotoru 6 do pracovní dráhy 24, do níž je rozepnutím vtlačen pumpový segment 1, ovládací prvek 32 je spojen závitem s válcovitým výstupkem 29.

Délka drážek 14 je 7 mm + 0,8 mm pro zajišťovací kolíček 12. Rotor 6 je spojen tělesem 22 s hřídelí 9 krokového motoru 10 bajonetovým uzávěrem jištěným zajišťovací pružinou 17.

Přítlačná kladka (4) je elektricky vodivá a při dotyku s rychlostním kontaktem (25) nebo polohovým kontaktem (26), umístěných na pomocné okluzní dráze (3) v místě přechodu přívodní dráhy (15) a okluzní dráhy (2) a se společným kontaktem (27) umístěným proti nim na hraně okluzní dráhy (2) je pod elektrickým proudem velmi malého napětí.

Aby nemohlo dojít k samovolnému přetočení ovládacího prvku 32, při provozu čerpadla, je opatřen jamkami 30 do nichž zapadají výstupky 31 umístěné na přední straně dutého profilu 7.

Popis funkce

1) Před uvedením do činnosti

Pumpový segment 1 se svými pevnými koncovkami zasune do držáků skříně čerpadla opatřené opěrnými plochami 18. Poté se zbývající část pumpového segmentu 1 vtlačí na příčně drážkovanou pracovní dráhu tak, aby byl pumpový segment 1 rozprostřen po přívodní dráze 15, okluzní dráze 2 i uvolňovací dráze 16 ve stejné vzdálenosti od hrany pomocné okluzní dráhy 3.

Ovládacím prvkem 32 se přítlačné bloky 5 zasunou dovnitř ramen 23 dutého profilu 7 rotoru 6 a rotor 6 je připraven k volnému zasunutí do skříně čerpadla. Vstupní šterbina 20 v tělese 22 rotoru 6 se natočí rovnoběžně se zajišťovacím kolíčkem 21 umístěným na hřídeli 9 krokového motoru 10 a rotor 6 se nasune na hřídel 9, zatlačí se proti tlaku zajišťovací pružiny 17, pootočí

o 30° doprava; poté se tlak na zasouvání rotoru 6 uvolní. Tím kolík 21 hřídele 9 krokového motoru 10 zapadne do zajišťovací štěrbině 19 tělesa 22 a spojení motoru 10 a rotoru 6 je bez sebemenší vůle zajištěno.

Následným zpětným pootočením ovládacího prvku 32 se přítlačné bloky 5 vysunou z ramen 23 dutého profilu 7 rotoru 6 a přítlačné kladky 4 se opřou o pomocnou okluzní dráhu 3 a také o pumpový segment 1 umístěný na pracovní dráze 24. Současně s tím jsou vodící drážky 11 přítlačných bloků 5 připraveny k příčnému vedení pumpového segmentu 1 po pracovní dráze 24.

Současně s každým zapnutím přístroje a bez použití čerpaného média si přístroj provádí automatickou samokontrolu funkceschopnosti čerpadla prostřednictvím elektrického polohového kontaktu 26, který snímá polohu rotoru 6 čerpadla. Pootáčením rotoru 6 a při založeném pumpovém segmentu 1 najede libovolná přítlačná kladka 4 na elektrický polohový kontakt 26 a společný kontakt 27, tím způsobí jejich vodivé sepnutí. Elektronický systém okamžitě určí s vysokou úhlovou přesností počet kroků krokového motoru nutných k opakovanému pootočení rotoru 6 na sepnutí stejného elektrického kontaktu přítlačnou kladkou každého z dalších ramen v jednom i druhém směru otáčení a elektronika provede test. Přístroj tak samostatně testuje správné provozní vůle všech pohybujících se dílů rotoru 6 čerpadla i správnost nastavení přítlačné síly přítlačných pružin 8.

Čerpadlo je tak samo, bez vlivu obsluhy, schopno určit stav, kdy může a kdy již nemůže zaručit správnost a přesnost čerpání.

2) Čerpání

Nasávací přívodní hadička napojená na pumpový segment 1 se zasune do nádoby s čerpaným médiem a výstupní hadička rovněž napojená na pumpový segment 1 se zasune do nádoby určené k zachycení dávkovaného média.

Přístroj se zapne a elektrickým otáčením rotoru 6 čerpadla obsluha beze zbytku naplní čerpací soustavu (hadičky) čerpadla. Poté se nastaví dávkovaný objem, který se automaticky přepočte na potřebný počet kroků krokového motoru 10. Po stisknutí tlačítka start se rotor 6 čerpadla začne otáčet a nastává naprogramovaně přesné a lineární čerpání.

Přítlačná kladka 4 jednoho z ramen 23 rotoru 6, která se při otáčení rotoru 6 pohybuje po pomocné okluzní dráze 3 mezi vstupní a výstupní hadičkou čerpadla začne následně stlačovat pumpový segment 1 a zmenšovat jeho profil. V nejvzdálenějším bodě 28 prodloužení minimální délky hlavní okluzní dráhy dojde při pomalém otáčení rotoru 6 vždy k úplnému stisknutí pumpového segmentu 1 přítlačnou kladkou 4. Při zvyšující se rychlosti otáčení rotoru 6 čerpadla, vyšší viskozitě čerpaného média nebo při čerpání do protitlaku nastává správné přítlačení přítlačné kladky 4 později ve směru otáčení rotoru 6 čerpadla. Otáčky rotoru 6 čerpadla, kdy přítlačná kladka 4 již nespojí elektrický rychlostní kontakt 25 se společným kontaktem 27, elektronika vyhodnotí jako příliš vysoké a přiměřeně otáčky sníží. Následně musí nastat spojení polohového kontaktu 26 (prostorově umístěného o cca 4° ve směru otáčení rotoru 6 oproti kontaktu 25) se společným kontaktem 27 , což určuje počátek okluzní dráhy 2 a spolehlivost přítlaku kladky pro libovolné otáčky rotoru 6 , tedy správnost a spolehlivost čerpání. Čerpadlo pak v tomto provozním režimu maximálních čerpacích rychlostí garantuje správné stisknutí pumpového segmentu 1 na počátku okluzní dráhy 2 a tudíž i přesné čerpání. Snímání rychlosti otáčení i polohy rotoru 6 čerpadla se děje u 3-ramenného rotoru čerpadla 3x za 1 otáčku a proto je v tomto rychlostním pásmu regulační smyčka rychlosti otáčení poměrně stabilní.

Čerpadlo je tak samo, bez vlivu obsluhy, schopno určit a nepřekročit maximální čerpací rychlost, kdy ještě může zaručit správnost a přesnost čerpání i při výrazně se měnících provozních podmínkách čerpání.

V okamžiku přítlaku jedné přítlačné kladky 4 na pumpový segment 1 a současně na elektrický polohový kontakt 26 je předcházející přítlačná kladka 4 na konci okluzní dráhy 2 a současně na začátku uvolňovací dráhy 16.

Dalším nepatrným pootočením rotoru 6 dojde k posunutí zmíněné předcházející přítlačné kladky 4 na uvolňovací dráhu 16, což způsobí pootevření dosud pevně stisknutého pumpového segmentu 1 o konstantní objem. Každé další pootočení rotoru 6 způsobuje postupné uvolňování přítlaku přítlačné kladky 4 z pumpového segmentu 1 o konstantní objem, neboť přítlačná kladka 4 se odvaluje po pomocné okluzní dráze 3 a současně po pumpovém segmentu 1, který je opřen o příčně drážkovanou uvolňovací dráhu 16. Mezi pomocnou okluzní dráhou 3 a uvolňovací dráhou 16 je geometricky jednoznačně a opakovatelně definovaný vztah prostřednictvím konstantního přírůstku objemu uvolňovaného pumpového segmentu 1 vztaženého k jednotkovému úhlu pootočení rotoru 6 čerpadla.

Čerpané médium je vytlačováno z pumpového segmentu 1 a tudíž také z výstupu čerpadla pouze přítlačnou kladkou 4, která se právě pohybuje po části pumpového segmentu 1 na okluzní dráze 2. Předcházející přítlačná kladka 4, která se pohybuje po pumpovém segmentu 1 na uvolňovací dráze 16 vytlačovací sílu čerpadla působící na čerpané médium neovlivňuje, neboť prostor v pumpovém segmentu 1 před a za touto kladkou 4 je již propojen a postupně zaplňován médiem vytlačovaným následnou kladkou 4 pohybující se po pumpovém segmentu 1 na okluzní dráze 2. Výše uvedený algoritmus stále se opakující po 120° pootočení 3-ramenného rotoru čerpadla (nebo po 90° u 4-ramenného rotoru čerpadla, po 72° u 5-ti ramenného rotoru čerpadla, 60° u 6-ti ramenného rotoru čerpadla atd.) reálně ruší negativní vliv přítlačné kladky právě se pohybující na výstupu čerpadla.

3) Ukončení čerpání

Přístroj se vypne.

Pootočením ovládacího prvku 32 rotoru 6 se přítlačné bloky 5 zasunou do ramen 23 dutého profilů 7 rotoru 6. Axiálním tlakem na rotor 6 se o hřídel (9) motoru 10 více stiskne pružina 17 umístěná ve válcovitém dutém výstupku 29 tělesa 22 a zajišťovací kolík 21 se vysune ze zajišťovací šterbiny 19. Pootočením rotoru doleva se zajišťovací kolík 21 posune před vstupní

šterbinu 20 a rotor 6 lze sejmout tahem k sobě ze hřídele 9 motoru 10. Pootočením ovládacího prvku 32 v opačném směru se přítlačné bloky 5 vysunou a jejich přítlačné pružiny 8 se částečně uvolní.

Pumpový segment 1 se tahem k sobě vyjme nejprve z prostoru pracovní dráhy 24, následně z ostatního prostoru a jako poslední se vyjmou konce pumpového segmentu opřené o opěrné plochy 18.

Průmyslové využití

Peristaltické čerpadlo podle vynálezu je využitelné všude tam, kde se vyžaduje přesnost dávkování kapalin nebo plynů a je určeno zejména pro použití v medicíně a v chemických, fyzikálních a biochemických laboratořích.

Patentové nároky

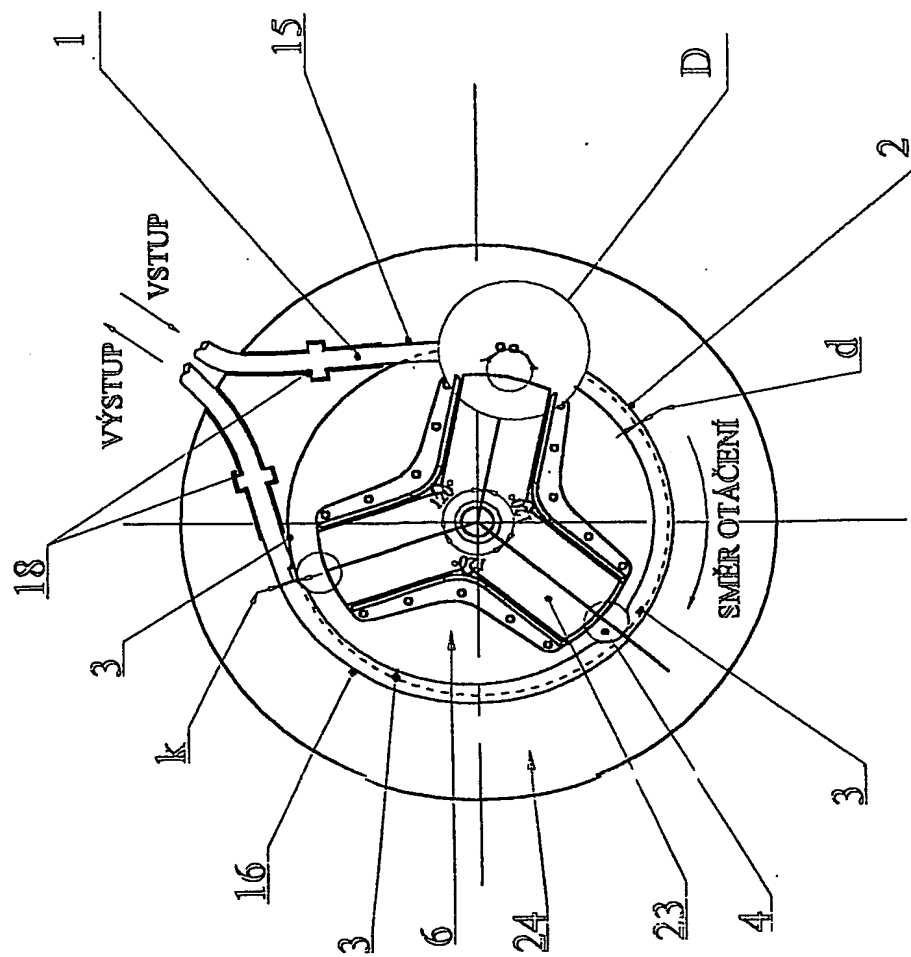
1. Peristaltické rotační čerpadlo s přesným, zejména mechanicky lineárním dávkováním sestávající z pumpového segmentu umístěného na pracovní dráze a z rotoru s přitlačnými kladkami, vyznačující se tím, že pumpový segment (1) je rozepjat do pracovní dráhy (24), která je v místě dotyku s přitlačovaným pumpovým segmentem (1) příčně drážkovaná a po celé své délce sousedí s vyvýšenou kruhovou pomocnou okluzní dráhou (3), pro odvalování nejméně dvou přitlačných kladek (4), které jsou kluzně uloženy v přitlačných blocích (5), umístěných v ramenech (23) nejméně dvouramenného rotoru (6), který je spojen s hřídelí (9) krokového motoru (10), přičemž pomocná okluzní dráha (3) je směrem do středu otáčení rotoru (6) vyvýšena nad příčně drážkovanou pracovní dráhu (24), která sestává z přívodní dráhy (15), okluzní dráhy (2) a uvolňovací dráhy (16).
2. Peristaltické čerpadlo podle nároku 1 vyznačující se tím, že pumpový segment (1) je rozepjat v pracovní dráze (24) a oba konce pumpového segmentu (1) jsou opřeny mimo pracovní dráhu (24) o opěrnou plochu (18), v místě odklonu pumpového segmentu (1) od pracovní dráhy (24) pumpový segment (1) svírá s poloměrem pracovní dráhy (24) úhel $\alpha = 90^\circ$.
3. Peristaltické čerpadlo podle nároku 1 až 2 vyznačující se tím, že kruhová okluzní dráha (2) a přibližně kruhová uvolňovací dráha (16) po celé své délce sousedí s vyvýšenou kruhovou, pomocnou okluzní dráhou (3), pro odvalování nejméně třech přitlačných kladek (4), přičemž úhlová délka uvolňovací dráhy (16) odpovídající vzdálenosti od místa počátku uvolňování pumpového segmentu (1) do místa absolutního uvolnění pumpového segmentu (1) přitlačnou kladkou (4) je stejná s úhlovou délkou okluzní dráhy (2) a pomocná okluzní dráha (3) je vyvýšena nad okluzní dráhu (2) o výšku $(d) <$ než je dvojnásobek šířky stěny pumpového segmentu (1) a v místě absolutního uvolnění pumpového segmentu (1) je pomocná okluzní dráha (2) vyvýšena nad uvolňovací dráhu (16) o výšku (k) maximálně rovnou vnějšímu průměru pumpového segmentu (1).
4. Peristaltické čerpadlo podle nároku 1 až 3 vyznačující se tím, že rotor (6) je tvořen nejméně dvouramenným dutým profilem (7), v němž je celý vnitřní

Anotace

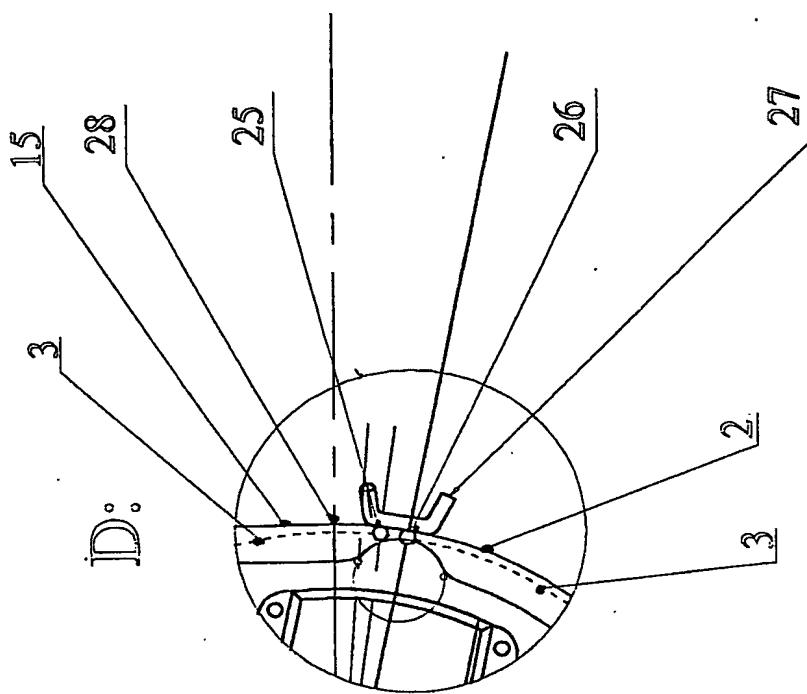
Název vynálezu: Peristaltické rotační čerpadlo s přesným, zejména mechanicky lineárním dávkováním.

Peristaltické rotační čerpadlo pro přesné dávkování sestávající z pumpového segmentu umístěného na pracovní dráze a z rotoru s přitlačnými kladkami, které podle vynálezu spočívá v tom, že pumpový segment (1) je rozepjat do pracovní dráhy (24), která je v místě dotyku s přitlačovaným pumpovým segmentem (1) příčně drážkovaná a po celé své délce sousedí s vyvýšenou kruhovou pomocnou okluzní dráhou (3), pro odvalování nejméně dvou přitlačných kladek (4), které jsou kluzně uloženy v přitlačných blocích (5), umístěných v ramenech (23) nejméně dvourameného rotoru (6), který je spojen s hřídelí (9) krokového motoru (10), přičemž pomocná okluzní dráha (3) je směrem do středu otáčení rotoru (6) vyvýšena nad příčně drážkovanou pracovní dráhu (24), která sestává z přívodní dráhy (15), okluzní dráhy (2) a uvolňovací dráhy (16).

Mechanickou linearitu dávkování zajišťuje kruhová okluzní dráha (2) a přibližně kruhová uvolňovací dráha (16) po celé své délce sousedící s vyvýšenou kruhovou, pomocnou okluzní dráhou (3), pro odvalování nejméně třech přitlačných kladek (4). Úhlová délka uvolňovací dráhy (16) odpovídající vzdálenosti od místa počátku uvolňování pumpového segmentu (1) do místa absolutního uvolnění pumpového segmentu (1) přitlačnou kladkou (4) je stejná s úhlovou délkou okluzní dráhy (2) a pomocná okluzní dráha (3) je vyvýšena nad okluzní dráhu (2) o výšku $(d) < \text{nejméně dvojnásobek šířky stěny pumpového segmentu (1)}$ a v místě absolutního uvolnění pumpového segmentu (1) je pomocná okluzní dráha (2) vyvýšena nad uvolňovací dráhu (16) o výšku (k) , která je maximálně rovna vnějšímu průměru pumpového segmentu (1).



Obr. 1a



Obr. 1b

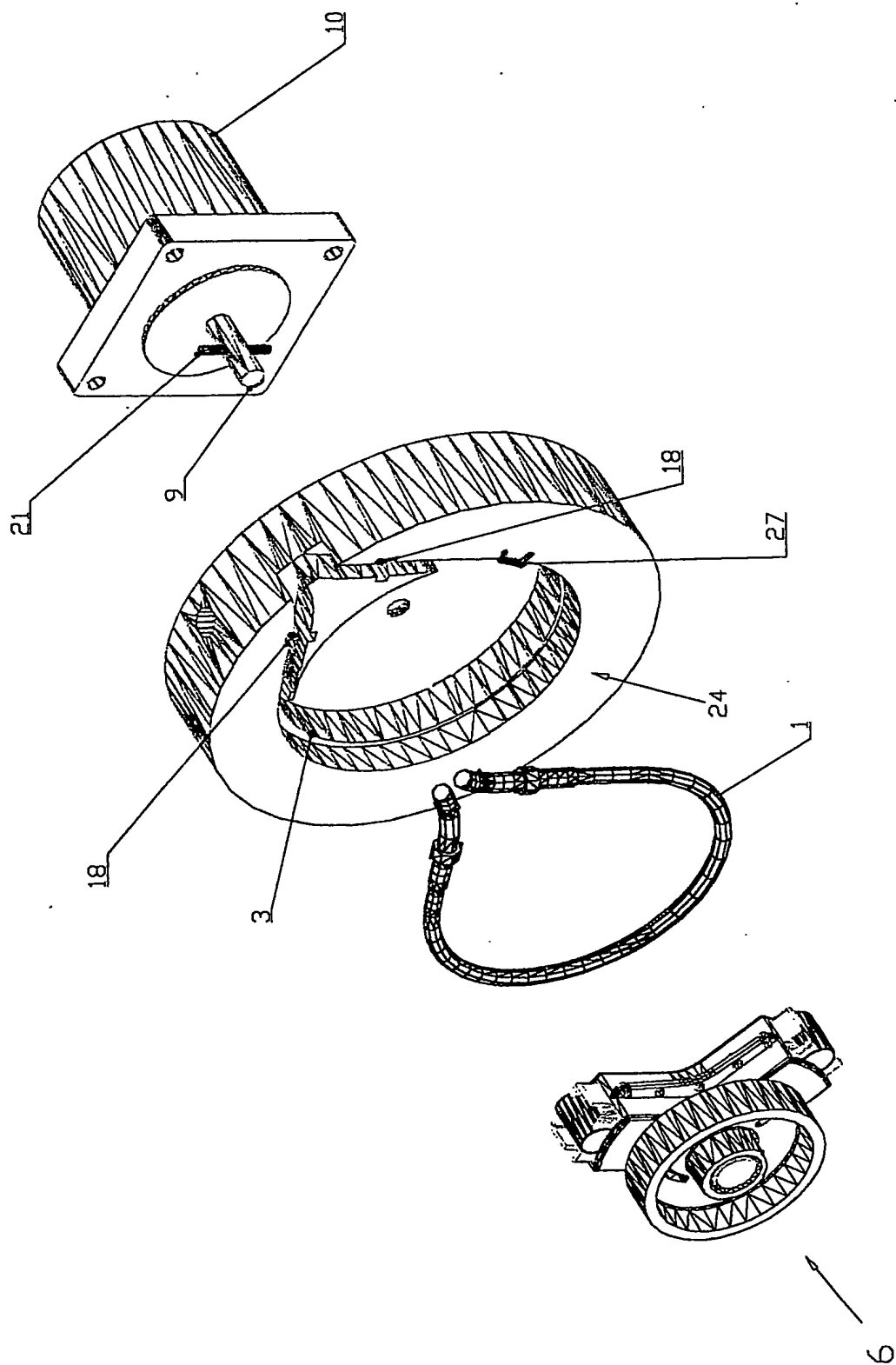
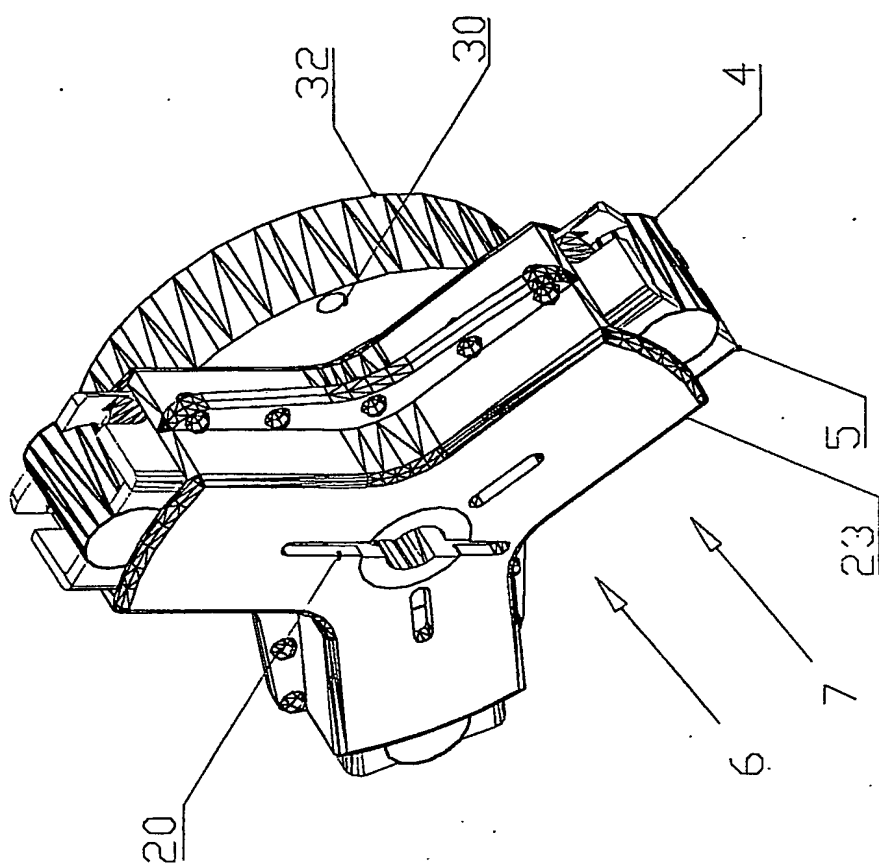
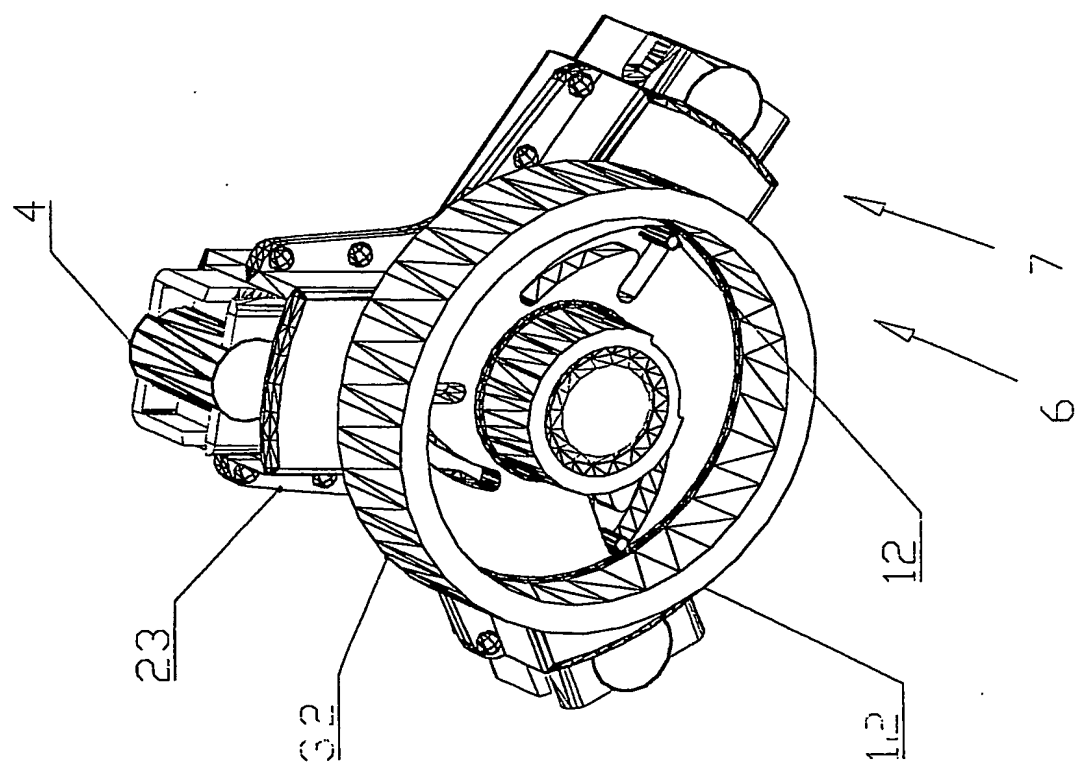
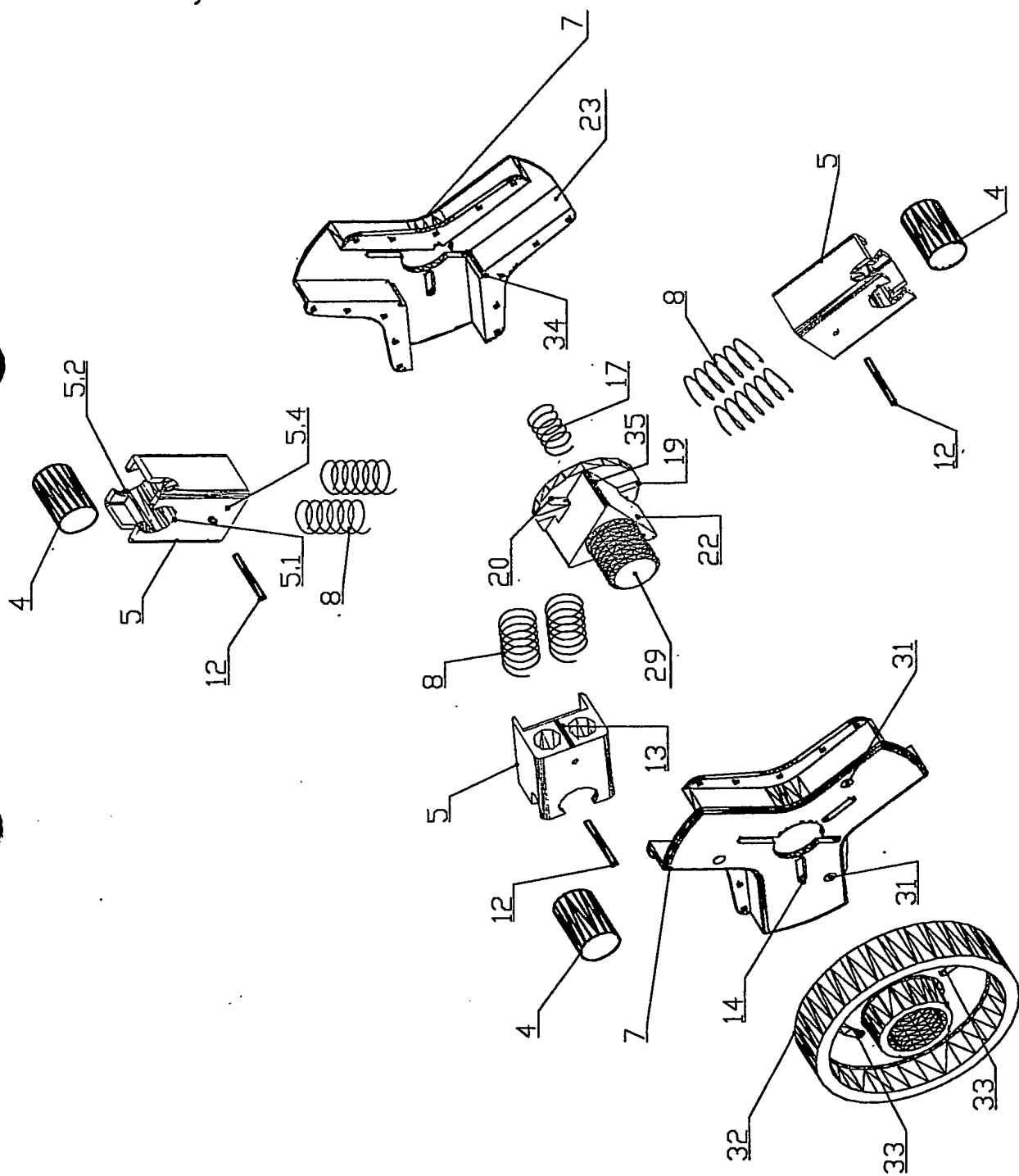
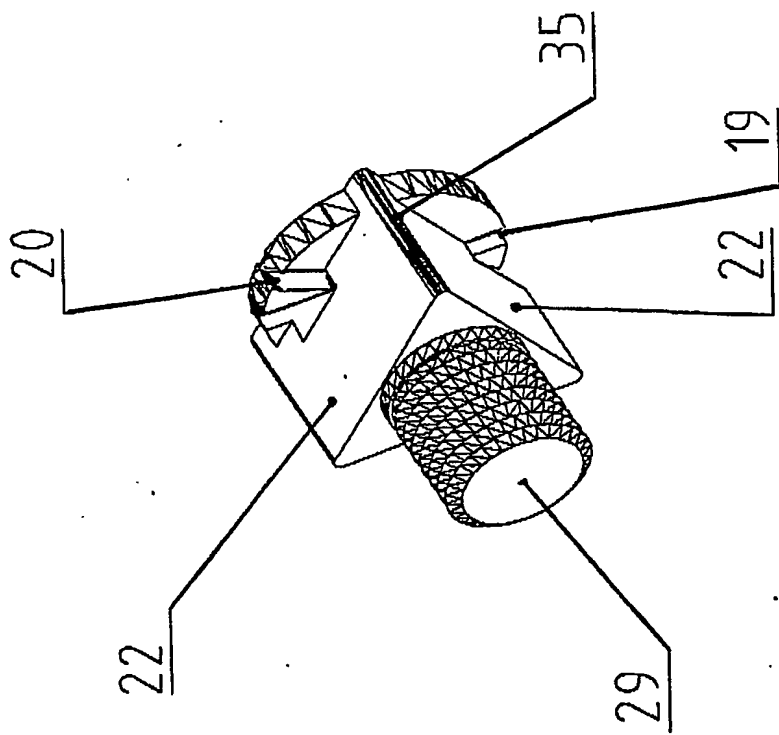


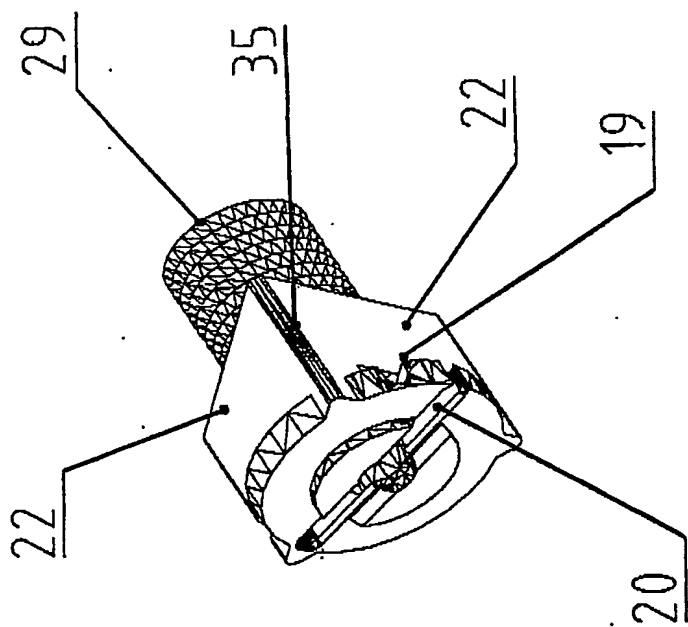
Fig. 2







0br.5a



0br.5b

3300

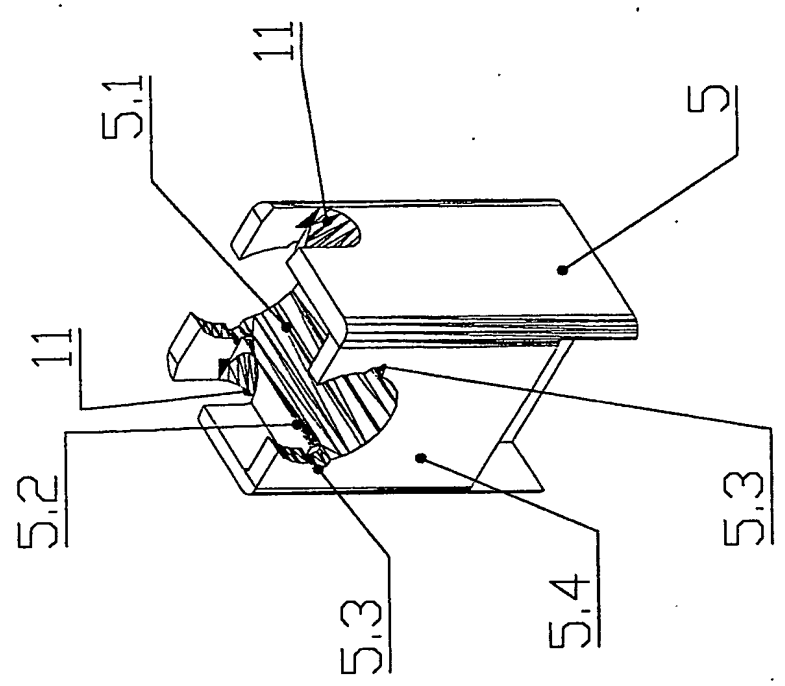


Fig. 6b

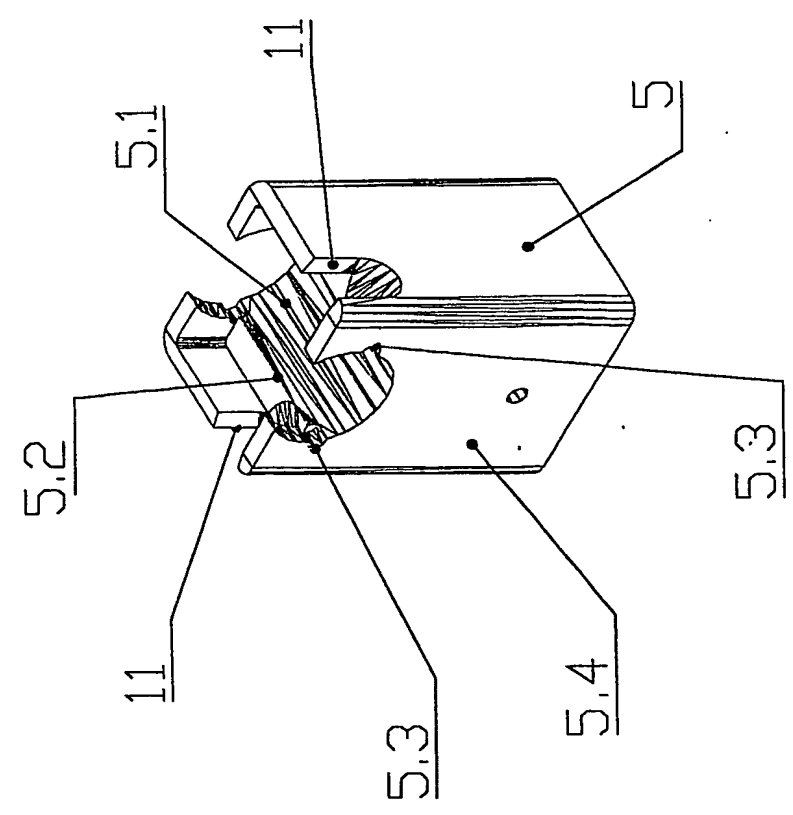


Fig. 6a